

## Estimativas da largura da rede hidrográfica baseada em análises de um Modelo Numérico de Terreno SRTM

Naomi Onga <sup>1</sup>  
Peter Zeilhofer <sup>1</sup>  
Lunalva Moura Schwenk <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Departamento de Geografia  
Av. F. Corrêa da Costa, s/n - 78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil  
naomionga@yahoo.com.br / zeilhoferpeter@gmail.com /  
lunalvaschwenk104@hotmail.com

**Abstract.** This paper proposes a DEM-based methodology for the identification of riparian protection zones in Brazil, protected under state and federal laws, according to river widths. The methodological approach requires refined procedures to guarantee geometric accuracies which permit the overlay of buffer zones with satellite imagery interpretations of land use. For a pilot area in central Brazil, a sequence of DEM pre-processors was applied to hydrologically correct a SRTM 90-m resolution digital elevation model. Then samples of river widths were obtained by measures in high resolution IKONOS imagery and regressed against watershed contribution areas. Developed quadratic regression model is highly significant with a  $R^2$  of 0,89. Small river widths, however were systematically underestimated. A preliminary external validation using high resolution IKONOS imagery showed that proposed methodology produces satisfying overall errors, but that relative errors in estimates are dependent on river widths.

**Palavras chave:** GIS, riparian permanent protection areas, hydrographic network width, SRTM, SIG, areas de proteção permanente, largura da rede hidrográfica, SRTM.

### 1. Introdução

No Brasil as legislações federais e estaduais regulam a preservação permanente de florestas ripárias em função da largura dos cursos de água que elas acompanham. O controle do desmatamento é dificultado, porém, pela falta de uma metodologia consistente para estimativa da largura dos rios, e desta forma, da designação das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Diversas técnicas de geoprocessamento foram propostas para a geração de zonas tampão. Xiang & Stratton (1996) and Xiang (1996) mostraram que o mapeamento de zonas tampão de largura variável no modelo de dados matricial pode ser tratado como um problema de designação de células de borda. Baseado neste conceito, Pavelsky & Smith (2008) desenvolveram uma aplicação para estimativa automatizada da largura de rios, baseado em mascaras de água, mapeadas a partir de imagens de satélite. Este tipo de procedimento, entretanto possui limitações impostas pela resolução espacial das imagens de satélite: uma cobertura de um estado da extensão de Mato Grosso (906.806 km<sup>2</sup>) com imagens de alta resolução, necessária para a geração das mascaras de água, extrapola de longe a capacidade de processamento instalada nas instituições competentes. A utilização de imagens de média resolução (Landsat-ETM, CBERS-CCD) por outro lado, deve ser considerada imprópria, considerando que a rede hidrográfica na maioria da sua extensão possui larguras abaixo de 100 m, tamanho que impede a identificação de elementos lineares com acurácia. Em função dessas limitações, o presente estudo propõe procedimentos metodológicos para a estimativa das larguras de rios à partir da análise de modelos numéricos de terreno (MNT), embasados na conhecida relação entre a área de contribuição da secção de um rio e sua largura (Leopold & Maddock 1953, Miller et al 2000).

## 2. Metodologia do trabalho

A área de estudo deste trabalho é a bacia hidrográfica do alto rio Juruena, localizada entre 10°52' e 14°52'S e 53°58' e 59°46'W no Planalto e Chapada dos Parecis, em altitudes entre 500 m e 800 m no centro-oeste de Mato Grosso (Figura 1). Abrangendo uma área de cerca de 72.600 km<sup>2</sup>, os solos predominantes da bacia são Latossolos e Areias quartzosas, desenvolvidos sobre sedimentos das formações Utiariti e Salto das Nuvens. O clima semi-umido tropical é caracterizado por temperaturas anuais médias de cerca de 25,3 °C e precipitações de 1600 mm. As formações vegetais naturais do Cerrado e Floresta de transição foram substituídas amplamente por lavouras.

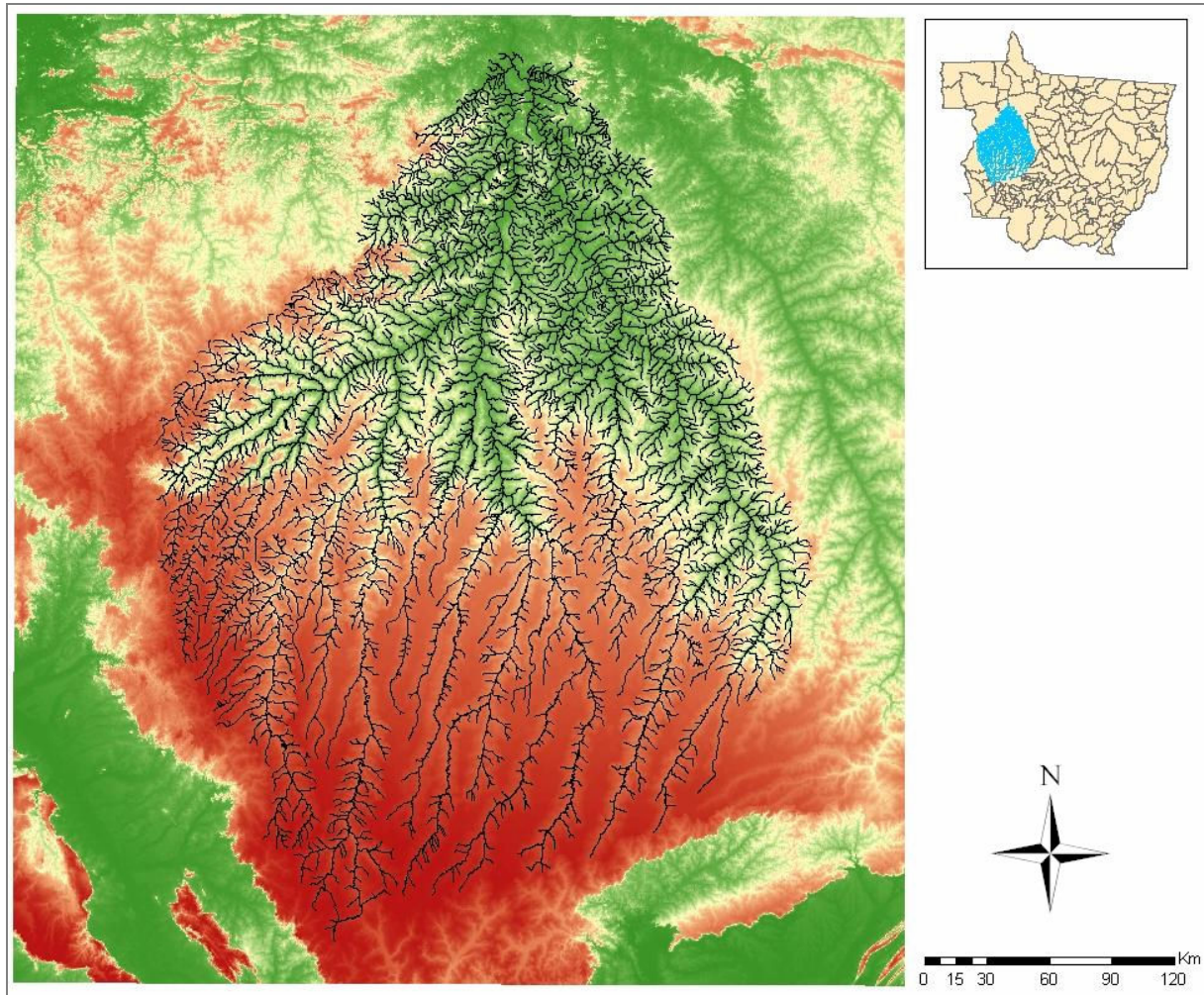


Figura 1. MNT da Bacia do alto Rio Juruena e sua localização no estado de Mato Grosso.

A abordagem proposta é baseada em um MNT proveniente da missão SRTM com resolução espacial de 90m, representação digital do relevo mais detalhada com cobertura completa do estado de MT. Primeiramente, o MNT original foi co-registrado a partir da base cartográfica 1:100.000 (IBGE). Na base, as linhas duplas da rede hidrográfica dos rios mais largos foram substituídas por linhas simples. Em seguida foi aplicado o algoritmo “Agree” para imposição das linhas de drenagem (Maidment 1996), disponível a partir da extensão “*Hydrologic Tool*” do ArcGIS 9.x (ESRI). Após a imposição da rede hidrográfica da base cartográfica, o MNT ainda apresenta depressões fechadas que foram removidos a partir da rotina “*fill sinks*” do ArcGIS 9.x, procedimento descrito em Jenson & Domingue (1988). Foram derivados do MNT corrigido os Planos de Informação (PI) da “direção do fluxo”, “fluxo acumulado”, rede hidrográfica simulada e divisão das sub-bacias.

Em seguida foram realizadas, em 169 locais medidas da largura de secções da rede hidrográfica, utilizando imagens de alta resolução QuickBird (DigitalGlobe), disponíveis parcialmente para a área de estudo a partir da aplicação Google Earth (Figura 2). A partir do PI do “fluxo acumulado” foi determinada a área de contribuição para cada secção medida.

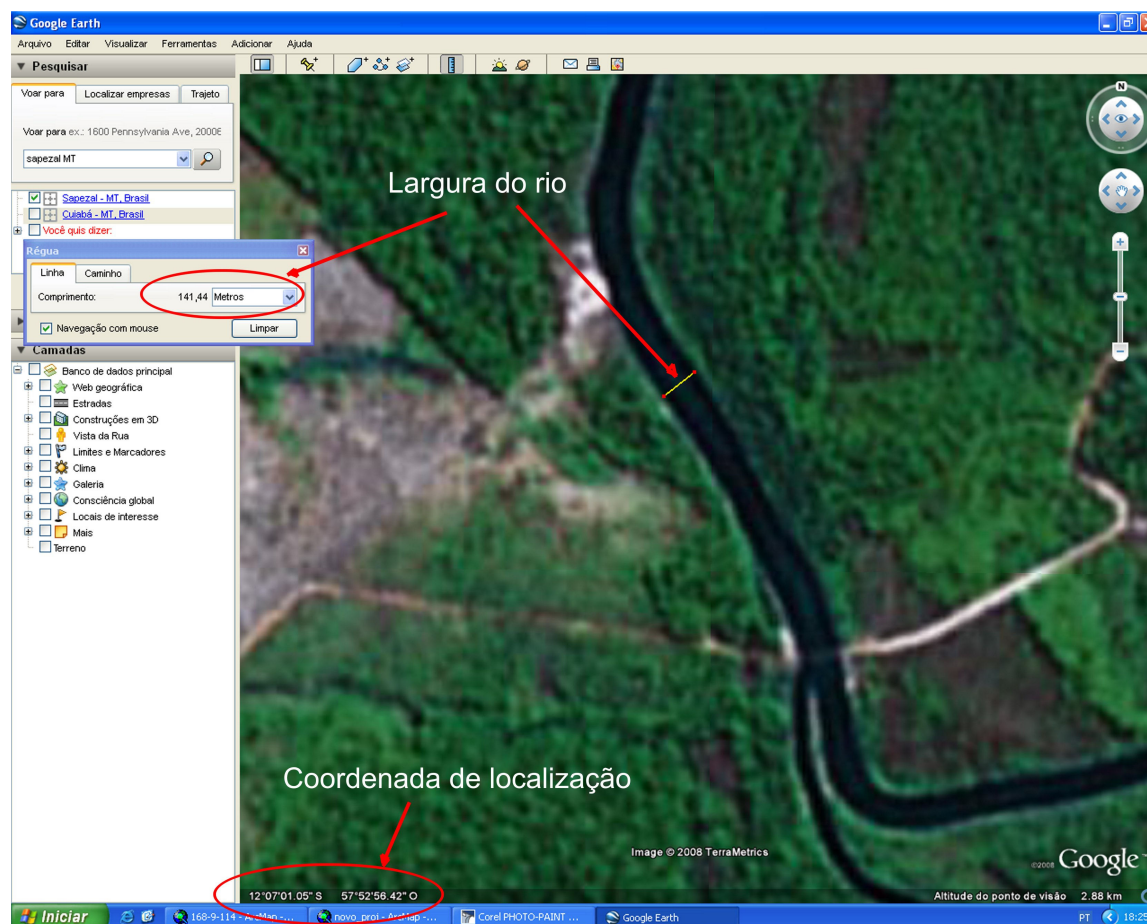


Figura 2. Aquisição de amostras para de medição da largura da rede hidrográfica a partir da aplicação Google Earth.

Em seguida foram desenvolvidos modelos regressivos a partir do software SPSS 10.0 (SPSS Inc.). A partir dos coeficientes dos modelos regressivos e o PI do fluxo acumulado, foi estimado, para a rede hidrográfica simulada, a largura dos rios. Os resultados obtidos foram validados, de forma preliminar, a partir de medições independentes em quatro recortes de imagens QuickBird.

### 3. Resultados e Discussão

Um modelo quadrático para as 169 secções amostradas gerou uma relação funcional altamente significativa ( $p < 0.001$ ) entre a área de contribuição e a largura da rede hidrográfica (Figura 3), resultando em um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0.89. A figura 4 mostra as estimativas da largura a partir da multiplicação dos coeficientes da regressão, com o PI do “fluxo acumulado” proporcional à área de contribuição.



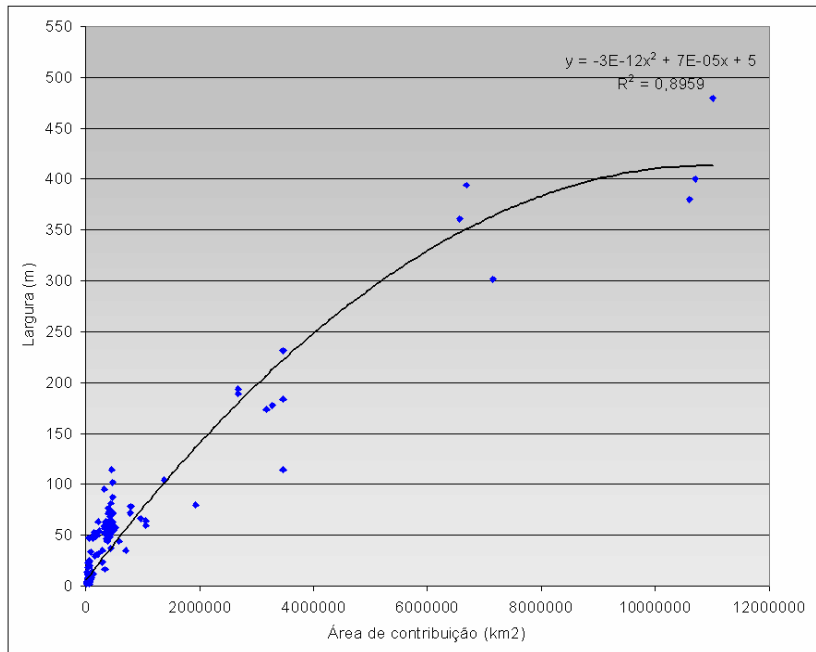


Figura 3. Modelo regressivo quadrático para estimativa da largura da rede hidrográfica em função da área de contribuição (RMSE: 0,925,  $p < 0,01$ ).

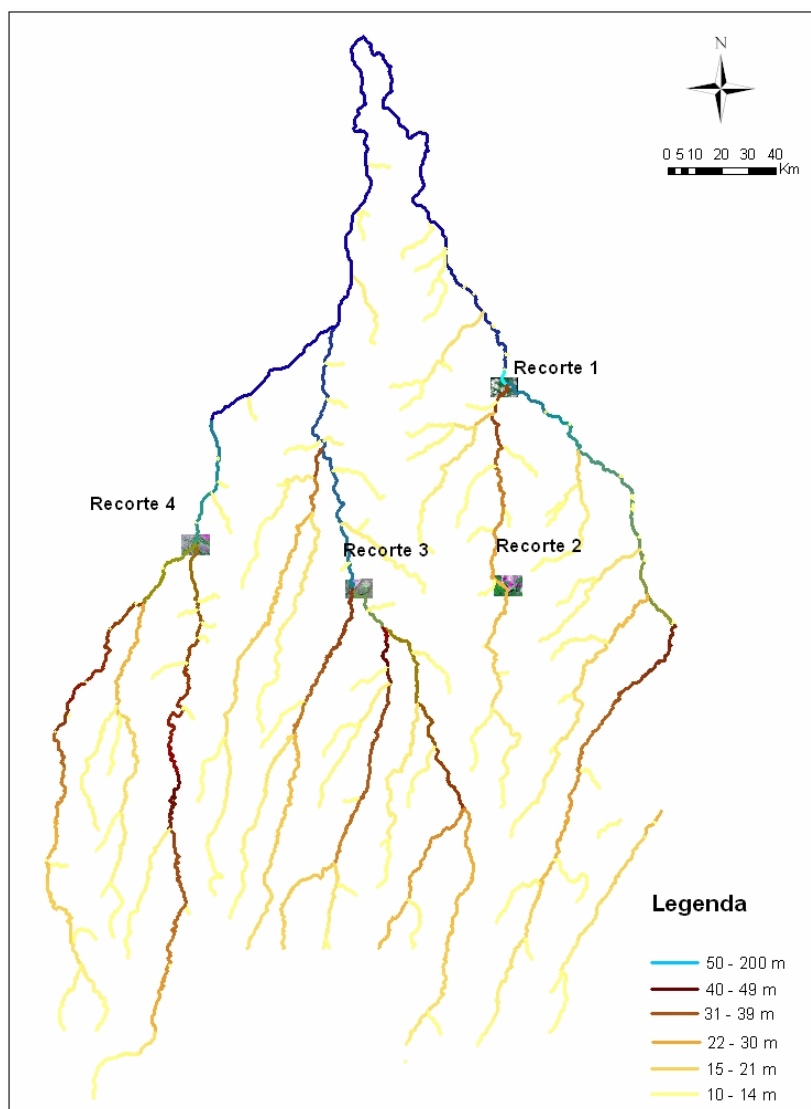


Figura 4. Estimativa da largura dos rios a partir do “fluxo acumulado” / área de contribuição. Modelo regressivo quadrático (RMSE: 0,925,  $p < 0,01$ ).

Apesar do bom desempenho geral do modelo, observa-se uma subestimação sistemática das larguras em trechos estreitos (flecha). Isso deve ser considerado problemático, pois as faixas de largura determinantes para a definição da largura das APPs são escalonadas de forma estreita em rios de baixa ordem, de acordo com a legislação estadual vigente (até 10m de largura -> 30m de APP, 10m-50m -> 50m de APP, 50-200m->100). Uma validação externa preliminar mostra claramente um aumento do erro relativo na estimativa da largura de secções estreitas, resultando em um aumento significativo da probabilidade de uma classificação errônea de um trecho e, desta forma, na designação de uma zona tampão com extensão equivocada (Figura 5).

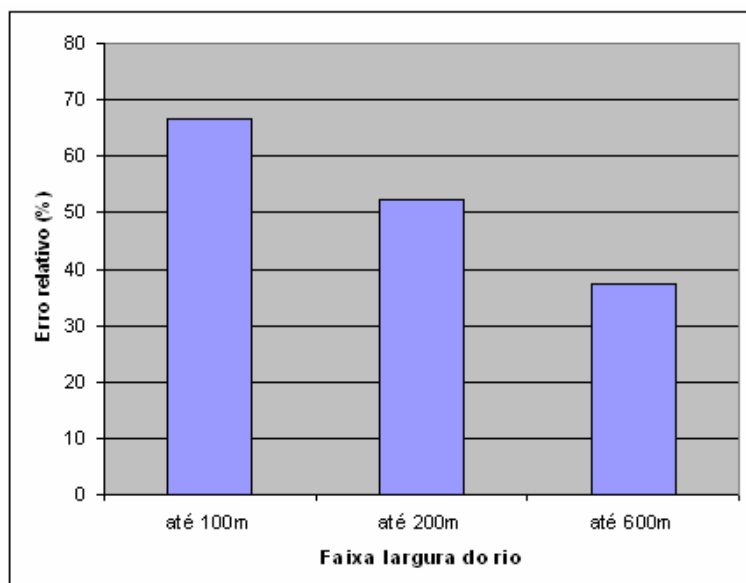


Figura 5. Validação externa preliminar da estimativa da largura de secções em função das faixas de largura.

#### 4. Conclusão

A metodologia apresentada baseado na análise de modelos numéricos de terreno possui potencial para consolidação das informações sobre a largura da rede hidrográfica no estado. Devem ser considerado, porém, em estudos consecutivos dois aspectos principais: a) para não prejudicar a estimativa de trechos estreitos, devem ser desenvolvidos modelos separados, escalonados por área de contribuição / largura dos rios (ex. um modelo até 3500 km<sup>2</sup> / 50 m e um com valores maiores). B) a geração das zonas tampão das APPs de acordo com a rede hidrográfica simulada trará, sem dúvida, problemas na sobreposição com mapeamentos de desmatamento das áreas, devido a precisão geométrica limitada do SRTM. Deve ser desenvolvido procedimento automatizado para a atribuição das larguras estimadas para uma rede hidrográfica digital, extraída das imagens de satélite, utilizadas para o controle de desmatamento das áreas ripárias.

#### Referências Bibliográficas

Dunne, T.; Leopold, L. B. **Water in Environmental Planning**. W. H. Freeman and Co., San Francisco, CA: 818 pp, 1978.

L. Leopold and T. Maddock, The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications, 1953. U.S. Geological Survey Professional Paper 252.

Xin M.; Peng G.; Swope, S.; Pu, R.; Carruthers, R.; Anderson, G.L. Detection of Yellow Starthistle through Band Selection and Feature Extraction from Hyperspectral Imagery. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 73, n. 9, p. 1005–1015, 2007.

Miller, S. N.; Youberg, A.; Guertin, D. P.; Goodrich, D. C. **Channel Morphology Investigations Using Geographic Information Systems and Field Research**. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-13: Land Stewardship in the 21st Century: The Contributions of Watershed Management; 2000 March 13-16; Tucson, AZ., p. 415-419. < [http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_p013/](http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_p013/)>

Pavelsky, T. M.; Smith, L. C. RivWidth: A Software Tool for the Calculation of River Widths from Remotely Sensed Imagery. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 5, n. 1, p. 70-73, 2008.

Xiang W.-N.. GIS-based riparian buffer analysis: injecting geographic information into landscape planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 34, n. 1, p. 1-10, 1996.

Xiang, W.-N.; Stratton, W.L. The b-function and variable stream buffer mapping: a note on 'A GIS method for riparian water quality buffer generation'. **International Journal of Geographic Information Systems**, v. 10, n. 4, p. 499 – 510, 1996.